



Méthodologie pour la constitution d'équipes de projet de conception.

Onanong Hlaoittinun, Eric Bonjour, Maryvonne Dulmet

► To cite this version:

Onanong Hlaoittinun, Eric Bonjour, Maryvonne Dulmet. Méthodologie pour la constitution d'équipes de projet de conception.. 7ème Congrès International de Génie Industriel, GI'2007, Trois Rivières., Jun 2007, Québec, Canada. sur CD ROM - 10 p. hal-00162960

HAL Id: hal-00162960

<https://hal.science/hal-00162960>

Submitted on 16 Jul 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Méthodologie pour la constitution d'équipes de projet de conception

Onanong Hlaoittinun, Eric Bonjour, Maryvonne Dulmet

Laboratoire d'Automatique de Besançon, LAB-UMR CNRS 6596-ENSM/UMI, 24, rue Alain Savary 25000, Besançon, France

E-mail : {onanong.hlaoittinun, ebonjour,maryvonne.dulmet}@ens2m.fr

RÉSUMÉ : *Piloter un projet comporte plusieurs dimensions organisationnelles comme l'organisation des tâches du projet, la formation des équipes et le développement des compétences. Dans la littérature, à notre connaissance, il n'existe pas le travail considérant simultanément ces trois aspects. Dans ce papier, nous présentons une méthodologie d'aide à la constitution des équipes d'un projet de conception comme un premier pas vers la prise en compte de ces trois aspects. Deux étapes fondamentales de notre approche seront présentées : l'organisation des tâches et la constitution des équipes. En premier lieu, la théorie de la logique floue et un algorithme de regroupement (Rank Order Clustering-ROC) seront utilisés pour regrouper des tâches du projet. Ensuite, on s'appuiera sur une méthode d'aide à la décision multicritères pour constituer les équipes, avec prise en compte d'un critère portant sur le développement des compétences.*

MOTS-CLÉS : *constitution d'équipes, management du projet, conception, algorithme de regroupement, analyse multicritère*

1. Introduction

Aujourd'hui les entreprises ont besoin de gérer leurs projets de développement de produits et de mettre sur le marché leurs produits le plus rapidement possible. L'organisation (des tâches) du projet et la constitution des équipes de projet sont devenus des enjeux cruciaux pour les chefs de projet, particulièrement lorsqu'ils ont à développer des produits complexes.

Concevoir est une activité complexe qui nécessite des savoirs hétérogènes pour transformer un ensemble de "besoins" et de contraintes en un artefact qui satisfasse tous les critères d'évaluation. En raison de la complexité croissante des produits, un problème important lors du management du projet est le grand nombre de tâches interdépendants. De ce fait, le chef de projet doit décomposer les processus traversant les services fonctionnels en tâches et assigner ces tâches à chaque groupe suivant les compétences nécessitées.

Généralement, les tâches d'un projet nécessitent des équipes multi-compétences afin de réaliser l'intégralité des activités du projet. Ces groupes multi-compétences réunissent des individus en provenance de départements fonctionnels, chaque département étant organisé selon des compétences spécifiques, relativement homogènes. Le rôle du chef de projet est de définir les relations entre les tâches, les compétences requises et parallèlement de gérer le budget, la qualité du produit et les délais. De ce fait la constitution d'une équipe de projet devient un "challenge" pour le chef de projet.

Cet article est structuré de la manière suivante : dans un premier temps, nous présentons un état de l'art sur la constitution d'équipes. Ensuite, nous proposons une méthodologie de formation des équipes. Nous terminons par un exemple illustratif.

2. Etat de l'art

L'étude bibliographique présentée dans ce paragraphe est organisée en deux parties : d'une part les travaux de recherche sur l'organisation des tâches d'un projet, d'autre part une synthèse sur la constitution de groupes multi-compétences dans divers domaines.

2.1. Regroupement des tâches

Méthodes classiques

Dans les projets de conception complexes, les méthodes se centrent sur des techniques d'ordonnement telles que le GANTT, le PERT (Program Evaluation Review Technique), la méthode du chemin critique (CPM), le diagramme de ressource critique (CRD). Ces approches sont principalement descendantes. Il s'agit pour la plupart d'une organisation temporelle du projet (relation de précédence).

Méthode basée sur les matrices DSM (intra-domaine)

Les méthodes présentées dans le paragraphe précédent sont peu efficaces dans la modélisation des tâches couplées. Celles-ci sont considérées comme une caractéristique fondamentale des projets complexes, (Cho and Eppinger, 2005), (Tang *et al.*, 2000). Pour pallier ce manque, les matrices structurelles de conception (Design Structure Matrix : DSM) ont été développées (Steward and Donald, 1981). Leur objectif est de mettre en évidence les interactions entre tâches. Ces interactions sont considérées comme des flux d'information. Chaque tâche est une unité de "traitement", elle reçoit de l'information d'une tâche précédente, la transforme et l'envoie aux tâches suivantes

Méthode basée sur la matrice d'incidence (inter-domaines)

Certains auteurs distinguent deux classes d'outils matriciels (Malmqvist, 2002): les matrices intra-domaine (Design Structure Matrix) et les matrices inter-domaines (matrice d'allocation, matrice d'incidence). (Braha, 2002) propose une approche multi-attributs sous forme de matrices d'incidence. Les lignes et les colonnes de la matrice ne représentent pas les mêmes entités. Dans les colonnes figurent les tâches de conception, dans les lignes, les spécifications du client. Les interdépendances entre les tâches sont définies à partir des attributs partagés (spécifications du client) liés aux tâches. Le partitionnement des tâches est obtenu à partir d'une programmation linéaire. La méthode fournit un regroupement des tâches selon certains attributs dont l'objectif est de minimiser le coût de communication.

Algorithme de regroupement

Concernant les matrices DSM, de nombreux algorithmes de regroupement (Steward and Donald, 1981) (Idicula, 1995) (Thebeau, 2001) ont été développés dans l'objectif de présenter une architecture d'éléments (comme des composants ou des acteurs) en modules.

Concernant les matrices d'incidence, l'algorithme ROC (Rank Order Clustering), introduit par (King, 1980), a été utilisé tout d'abord pour le regroupement de machines en production. Plus exactement, cette approche a été adoptée dans la formation des cellules manufacturières pour regrouper en familles des pièces et des machines similaires. D'autres exemples d'algorithmes sont : ROC2 (King J.R. and Nakornchai V., 1986), DCA (Direct Cluster Algorithm) développé par (Chan and Milner, 1982), BEA (Bond-Energy Algorithm) développé par (McCormick *et al.*, (1972), (Mak K.L. *et al.*, 2000). Une caractéristique commune à ces algorithmes est qu'ils réorganisent consécutivement les lignes et les colonnes selon un indice jusqu'à l'obtention de blocs diagonaux. Dans le domaine de la constitution d'équipes, (Tseng *et al.*, 2004) ont proposé un algorithme ROC flou (Fuzzy Rank Order Clustering :FROC) pour

regrouper des caractéristiques d'ingénierie et des spécifications. Il a utilisé l'approche de la logique floue pour grouper les caractéristiques d'ingénierie et une approche d'aide à la décision (grey) pour constituer la composition des équipes.

Modélisation de la relation tâche-acteur par une matrice d'incidence

La modélisation de la relation tâche-acteur par une matrice d'incidence nous paraît pertinente dans le cadre de la constitution d'équipes. En effet, l'application d'un algorithme de regroupement sur cette matrice peut fournir des familles de tâches et d'acteurs. Nous pouvons identifier deux objectifs de regroupement :

- Le point de vue d'un projet : on rassemble les tâches qui concernent le projet, et le résultat du regroupement fait apparaître des équipes du projet.
- Le point de vue d'un métier : on rassemble toutes les tâches de conception existantes dans l'entreprise, le résultat du regroupement représente des métiers ou des départements au sein de l'entreprise.

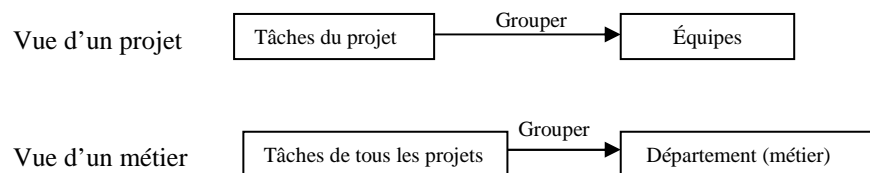


Figure 1. Regroupement de tâches de conception selon deux objectifs

Dans cet article, nous nous intéressons au premier aspect : le point de vue projet.

2.2 Compétences utilisées dans la construction d'équipe

2.2.1 Compétence technique

De nombreux travaux existent dans la littérature, relatifs à la constitution d'équipes. En particulier, dans le domaine de l'ingénierie concourante, (Zakarian and Kusiak, 1999) proposent une approche pour aider un chef de projet de conception à constituer ses équipes. Le principe est basé sur le QFD (Quality Function Deployment) et une approche multicritère. La programmation linéaire est développée pour définir la composition d'un groupe. La sélection du groupe est basée sur une structure hiérarchique organisée en 3 niveaux : les spécifications du consommateur (premier niveau), les caractéristiques de conception (deuxième niveau) les membres du groupes (troisième niveau).

Les travaux de (Tseng *et al.*, 2004) déjà présentés dans la partie 2.1, utilisent une approche de modélisation semblable à la méthode proposée par (Zakarian and Kusiak, 1999), en se basant sur des caractéristiques d'ingénierie et des spécifications du client. Dans (Hadj-Hamou and Caillaud, 2004), la constitution d'équipes dans le contexte de la conception collaborative a été proposée. Quatre facteurs ont été pris en compte : le domaine d'expertise, le rôle dans l'équipe, le niveau d'expertise et le niveau de coopération. La programmation linéaire a été utilisée pour attribuer les acteurs nécessaires pour chaque domaine d'expertise et pour maximiser la diversité des rôles d'équipe du projet. Dans le contexte de l'ingénierie concourante, (Chen and Lin, 2004) ont proposé un modèle d'un membre d'une équipe, basé sur trois paramètres: savoir multifonctionnel ; capacité de travailler en équipe (expérience, capacité de communication, flexibilité aux tâches assignées) ; profil de personnalité (basé sur le MBTI-Myers-Briggs Type Indicator). Dans le cadre d'un projet RNTL français (IPPOP), l'application PEGASE a été réalisée pour servir de base de données des compétences. Cette base de données aide à affecter les ressources humaines selon leurs compétences (Rose *et al.*, 2006).

Dans le domaine de conception de logiciel, (Gronau *et al.*, 2006) ont proposé une méthode de formation d'équipe basée sur une taxonomie (réseau sémantique et base de connaissances), ainsi que sur la modélisation des processus et des connaissances. (Tsai *et al.*, 2003) ont implémenté un diagramme de ressources critiques (*Critical Resource Diagram, CRD*) et la méthode Taguchi, pour sélectionner les membres les plus appropriés pour un projet de conception. La méthode CRD et le diagramme de Gantt sont utilisés pour fournir aux chefs de projet des informations supplémentaires. La disponibilité des membres et les coûts des employés ont été pris en compte.

Dans le domaine du management de projet, (De Korvin *et al.*, 2004) ont développé un modèle de sélection du personnel pour les projets multi-phases. Ce modèle prend en compte trois facteurs : les compétences nécessaires pour chaque phase du projet, la contrainte de précédence, le salaire du personnel. La logique floue a été adoptée pour choisir le membre qui possède la valeur maximale de similarité, afin de proposer des membres d'équipe potentiels pour chaque phase du projet.

Compétence socio-psychologique

De nombreux travaux ont caractérisé les rôles, les personnalités ou les profils cognitifs en vue de la constitution d'équipes. (Chen and Lin, 2004) ont proposé un modèle mathématique basé sur trois caractéristiques : compétence technique, capacité de travailler en équipe et profil des individus. (Acuna and Juristo, 2004) ont proposé un modèle de processus intégrant les capacités au travail. (Fitzpatrick and Askin, 2005) ont mis l'accent sur la performance des équipes par leurs comportements et qualité interpersonnelle (KCI-Kolbe Conative Index).

Quelques conclusions

Dans le tableau 1, nous synthétisons cette étude bibliographique portant sur les méthodologies de constitution d'équipes. Nous en retirons quelques conclusions intéressantes sur le problème de la formation des équipes multifonctionnelles.

- Cinq critères peuvent être retenus, selon nous, pour comparer l'étendue des travaux : nature du projet (mono/multiple), efficacité, coût, disponibilité des ressources humaines et dynamiques des compétences.
- La plupart des travaux s'intéressent à la performance technique de l'équipe. La performance est obtenue par les mesures de compatibilité entre les compétences requises (par des tâches) et les compétences acquises (par des membres).
- Deux grands types des compétences ont été utilisés dans la construction d'équipe :
 - o La compétence technique (fonctionnelle) : (Zakarian and Kusiak, 1999), (Tseng *et al.*, 2004), (Hadj-Hamou and Caillaud, 2004), (Fitzpatrick and Askin, 2005), (Tsai *et al.*, 2003)
 - o La compétence socio-psychologique : profils de personnalité (Chen and Lin, 2004), (Fitzpatrick and Askin, 2005) et capacité de travailler en équipe (Chen and Lin, 2004), (Acuna and Juristo, 2004).
- Pour définir la compétence technique, trois éléments sont souvent utilisés dans la littérature: "*Domaine d'expertise*" (Hadj-Hamou and Caillaud, 2004), (Tseng *et al.*, 2004); (Chen and Lin, 2004), "*Activité*" (De Korvin *et al.*, 2004) et "*Connaissance technique*" (Gronau *et al.*, 2006), (Tsai *et al.*, 2003). Ces trois éléments représentent différents niveaux de granularité. Le "domaine d'expertise" représente le niveau de granularité le moins fin. L' "activité" représente le niveau intermédiaire et la "connaissance technique" représente le niveau le plus fin.

- La dynamique des compétences est un autre aspect intéressant. A notre connaissance, il n'y a pas de travail ayant pris en compte cet aspect pour la sélection des membres ou la construction d'équipe.

Référence	Thème de recherche	Compétence requise		Approches de résolution	Critères				
		Compétence technique	Compétence socio-psychologique		Projet (Mono/Multiple)	Efficience	Disponibilité	Coût	Dynamiques de compétence
[Braha, 02]	Développement de produit	Composants du produit		Heuristique Programmation linéaire	--	X	--	x	--
[Canos and Liern, 04]	Management des ressources humaines	Non défini	--	Logique floue	Mono	X	--	--	--
[Chen and Lin, 04]	Développement de produit	Fonction/ Département	- Capacité de travailler en équipe - profil de personnalité (MBTI)	Programmation linéaire	Mono	X	--	--	--
[Gronau et al., 06]	Conception de logiciel	Concept de taxonomie	-	Distance d'ontologie	Mono	X	--	--	--
[Hadj-Hamou and Caillaud, 04]	Développement de produit	Expert domaine, rôle	--	Programmation linéaire	Mono	X	--	--	--
[De Korvin, et al. 04]	Projets multi-phases	Activités	--	Logique floue, heuristique	Mono (multi-phase)	X	x	x	--
[Tsai et al., 03]	Conception de logiciel	Connaissance technique	--	CRD and Taguchi's parameter design	Mono	X	--	x	--
[Tseng et al., 04]	Conception de logiciel	Domaine d'expertise		FROC, Grey decision approach	Mono	X	--	--	--
[Zakarian and Kusiak, 99]	Développement de produit	Produit/ composant	--	Programmation linéaire	Mono	X	--	--	--
[Fitzpatrick and Askin, 05]	Cellule manufacturière	Domaine d'expertise	KCI (Kolbe conative index)	Programmation linéaire, heuristique	Mono	X	--	--	--

Tableau 1. Résumé des références et leurs approches de résolution pour la construction d'équipe

3. Approche globale de la construction d'équipes

La méthodologie proposée se compose de trois phases majeures (Fig.2): générer la matrice d'incidence (tâche-acteur); identifier les familles tâche-acteur par la méthode de regroupement; assigner les tâches aux membres de l'équipe. Dans cette partie, nous allons décrire ces trois étapes.

3.1 Générer la matrice d'incidence (tâche-acteur)

Cette étape est organisée en quatre sous-étapes :

- Identifier les attributs pertinents pour caractériser les tâches et les acteurs. Ces attributs peuvent concerner des compétences techniques ou socio-psychologiques. Dans notre exemple, on choisit comme attributs, des disciplines. Par ce terme, nous entendons connaissances disciplinaires.

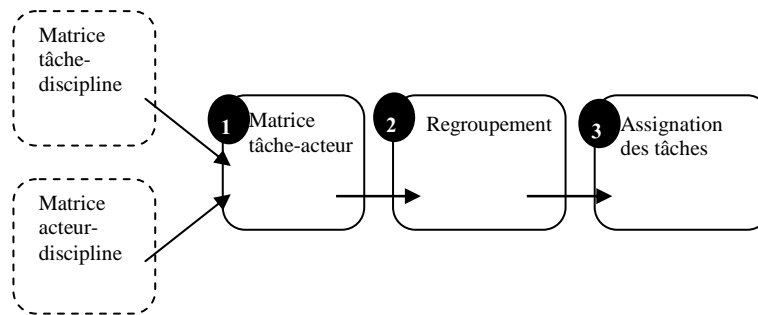


Figure 2. Démarche globale de la construction des équipes

- évaluer les attributs choisis pour chaque tâche (on obtient la matrice d'incidence tâche-discipline).
- évaluer les attributs choisis pour chaque membre (on obtient la matrice d'incidence acteur - discipline).
- Définir l'indicateur de compatibilité pour chaque couple tâche /acteur.
- Générer la matrice d'incidence (tâche-acteur).

3.2 Identifier les familles de tâches et d'acteurs (approche de regroupement).

Dans cette étape, toutes les tâches du projet sont identifiées. Ensuite, ces tâches sont regroupées en familles. Le résultat donne l'image globale du projet (des groupes de tâches à réaliser et des candidats possibles pour réaliser chaque groupe). L'algorithme ROC transformera la matrice d'incidence (tâche-acteur) en blocs diagonaux (familles). Cependant, ce résultat n'est qu'une première étape dans le processus de la constitution d'une équipe.

3.3 Affecter des tâches aux acteurs (approche multicritère)

Une fois que les blocs ont été identifiés, on voit apparaître des tâches pouvant être exécutés par plusieurs acteurs. Le problème consiste à sélectionner un ou plusieurs acteurs selon son niveau performance en prenant en compte la possibilité de développer ces compétences.

Différentes méthodes d'analyse multicritère sont possibles, dans le cas de l'exemple, nous avons adopté une méthode d'analyse multicritère, la méthode de coût ratio [Timmerman 1986]. Cette méthode permettra de choisir le meilleur acteur en intégrant à la fois de l'aspect de niveau performance et de coût.

Pour aider les décideurs de mieux mobiliser des compétences de membres de l'entreprise, trois cas de figure de types d'acteur seront proposés: expert, novice et non-compétent. Deux seuils nécessitent à identifier : le *seuil d'acceptabilité* (a) est une borne inférieure du niveau compétence requis pour réaliser une tâche; le *seuil de compétence* (b) est une borne supérieure du niveau de performance pour réaliser une tâche. Au dessus de cette borne, il n'y a pas d'amélioration possible pour la réalisation de la tâche.

Nous supposons qu'une personne sera capable d'effectuer une tâche si sa compétence est entre la borne inférieure (a) et la borne supérieure (b). Cependant, il est pertinent de supposer que la personne affectée demande plus de temps de réalisation, et qu'il s'agit de coût supplémentaire pour affecter ces personnes aux tâches. L'avantage de cette hypothèse est qu'elle permet de décharger les acteurs de niveau de performance moyen à réaliser des tâches afin de développer leurs compétences.

4. Un exemple illustratif

4.1 Génération de la matrice tâche-acteur

Supposons que T , D et P soient des ensembles non vides. Supposons que R_1 soit une relation floue de l'ensemble T sur l'ensemble D et R_2 soit une relation floue de D sur P . De ce fait, $(R_1 \circ R_2)$ est une relation floue de T sur P . Supposons que $T = \{t_1, \dots, t_p\}$, $D = \{d_1, \dots, d_q\}$, $P = \{p_1, \dots, p_r\}$, $R_1(t_k, d_l) = R_{kl}^1$, $R_2(d_l, p_m) = R_{lm}^2$ où R_{kl}^1 est le niveau requis de compétence dans la discipline l par la tâche k , et R_{lm}^2 est le niveau acquis de compétence dans la discipline l de l'acteur m . Card $D = q$. Supposons un projet de conception, composé de 7 tâches, 11 acteurs, nécessitant 10 disciplines.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
T1	0,8	0	0,2	0	0	0,9	0	1	0	0
T2	0	1	0,7	1	0	0	0,6	0	0,3	0
T3	0	0	0	0	0,9	0	0	0	1	0
T4	1	0	0,1	0	0	0	0	0,7	0	0
T5	0	0,8	0	1	0	0	0,4	0	0	0,1
T6	0,2	0,3	0	0	0	1	0	0,8	0	0
T7	0	0	0,1	0,1	1	0	0	0	1	0,7

Tableau 2. Matrice Tâche-Discipline (R_1)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
D1	0,7	0	1	0,4	0	0,2	0	0,6	0	0,7	0,4
D2	0	0,5	0	0,9	1	0	0,9	0,1	0	0	0
D3	0	0	0,3	0,2	0,4	0	0,6	0	0	0,2	0
D4	0,3	0	0	0,7	0,7	0	0,8	0,2	0	0,1	0
D5	0	0,7	0	0	0	0,9	0	0	0,6	0	0,1
D6	0,7	0	1	0	0	0	0	0,67	0	0,7	0,5
D7	0	0,9	0	0,5	0	0,6	0	0	0,67	0	0,2
D8	0,6	0	0,6	0	0,2	0	0,1	0,71	0	0,6	0,59
D9	0	0,5	0	0	0	0,7	0	0	0,6	0,1	0
D10	0	0,7	0	0,1	0	0,6	0	0,1	0,63	0	0

Tableau 3. Matrice Acteur-Discipline (R_2)

La représentation des valeurs de l'indicateur de compatibilité est présentée dans le tableau suivant (tableau 2). Cet indicateur de compatibilité $(R_1 \circ R_2)(t_k, p_m)$, obtenu par l'équation (1), peut être interprété comme un niveau performance d'un acteur p à achever une tâche t .

$$(R_1 \circ R_2)(t_k, p_m) = 1 - \frac{\sum_{l=1}^q \max(0, R_{kl}^1 - R_{lm}^2)}{\sum_{l=1}^q R_{kl}^1} \quad (1)$$

4.2 Regroupement des tâches

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
T1	0,69	0	0,86	0,21	0,14	0,07	0,1	0,68	0	0,7	0,51
T2	0,08	0,39	0,08	0,5	0,58	0,25	0,64	0,08	0,25	0,1	0,06
T3	0	0,63	0	0	0	0,84	0	0	0,63	0,1	0,05
T4	0,72	0	0,94	0,28	0,17	0,11	0,11	0,72	0	0,8	0,55
T5	0,13	0,43	0	0,65	0,65	0,22	0,7	0,17	0,22	0	0,09
T6	0,65	0,13	0,78	0,22	0,22	0,09	0,17	0,73	0	0,7	0,56
T7	0,03	0,66	0,03	0,07	0,07	0,76	0,07	0,07	0,63	0,1	0,03

Tableau 4. Matrice tâche-acteur

	P3	P10	P8	P1	P11	P4	P5	P7	P6	P2	P9
T4	0,94	0,75	0,72	0,72	0,55	0,28	0,7	0,11	0,11	0	0
T1	0,86	0,74	0,68	0,69	0,51	0,21	0,14	0,1	0,07	0	0
T6	0,78	0,65	0,73	0,65	0,56	0,22	0,22	0,17	0,09	0,1	0
T2	0,08	0,11	0,08	0,08	0,06	0,5	0,58	0,64	0,25	0,4	0,25
T5	0	0,04	0,17	0,13	0,09	0,65	0,65	0,7	0,22	0,4	0,22
T7	0,03	0,1	0,07	0,03	0,03	0,07	0,07	0,07	0,76	0,7	0,63
T3	0	0,05	0	0	0,05	0	0	0	0,84	0,6	0,63

Tableau 5. Matrice tâche-acteur (regroupée)

A partir d'une matrice d'incidence tâche-acteur (Tableau 2), les acteurs et les tâches seront groupés en blocs diagonaux par l'algorithme de ROC. L'algorithme fournit trois blocs séparément: le premier bloc associe cinq acteurs et trois tâches ; le deuxième associe trois acteurs et deux tâches et le troisième associe trois acteurs et deux tâches. Le principe de l'algorithme est expliqué dans le tableau là-dessous.

- Etape 1: Pour chaque ligne de la matrice tâche-acteur, calculer le poids.
- Etape 2: Classer des lignes de la matrice en ordre décroissant suivant le poids.
- Etape 3: Répéter les deux premières étapes, pour chaque colonne.
- Etape 4: Répéter les trois premières étapes jusqu'à la position de chaque élément de la ligne et la colonne ne change pas.

Le poids pour la ligne i : $\sum_{k=1}^n a_{ik} 2^{n-k}$ (2)

Le poids pour la colonne j : $\sum_{k=1}^m a_{kj} 2^{m-k}$ (3)

Où n est le nombre d'acteurs et m est le nombre de tâches.

4.3 Analyse multicritère

Pour appliquer ces méthodes, nous suivrons les étapes suivantes : identifier l'objectif global de la démarche et le type de décision, identifier les critères, agréger les données (niveau performance, coût des salariés) pour choisir la solution la plus satisfaisante.

- Identifier l'objectif global : l'objectif global de la démarche est de maximiser la performance en minimisant le coût des salariés.
- Identifier les critères : l'indice $c(t_k, p_m)$ représente le ratio entre la compétence requise (de la tâche) et la compétence acquise (du membre).

$$C(t_k, p_m) = \begin{cases} 1 & ; si R(t_k, p_m) \geq b_k \\ \frac{b}{R(t_k, p_m)} & ; si a_i \leq R(t_k, p_m) < b_k \\ 0 & ; si R(t_k, p_m) < a_k \end{cases}$$

Où $R(t_k, p_m) = (R_1 \circ R_2)(t_k, p_m)$

$d_{km} = c(t_k, p_m) * s_m$ où d_{km} = le coût des salariés ajusté ; s_m = le coût des salariés (euros/mois), on suppose que la durée de réalisation est la même pour toutes les tâches.

- Agréger les données

L'algorithme de sélection est présenté comme suit.

Etape 1 : Identifier la valeur de a_k et b_k

Etape 2 : Pour chaque bloc diagonal de la matrice *tache-acteur*, calculer l'indice $c(t_k, p_m)$

Etape 3 : Pour chaque tâche t_k , calculer la valeur d_{km} , puis présenter les candidats qualifiés dans l'ordre décroissant.

Etape 4 : Sélectionner le meilleur candidat

Etape 5 : Répéter les étapes 3 et 4, pour chaque tâche t_k

Etape 6 : Calculer le coût global de chaque bloc

Etape 7 : Répéter les étapes 2-5, pour chaque bloc

Dans ce cas d'analyse, les acteurs, soit sur-compétence ou sous-compétence, ne seront pas sélectionnés parce que le ratio de performance est égal à 0. Seuls, les acteurs, ayant les niveaux de compétence (acquis) entre a_i et b_i , seront pris en compte dans le processus de sélection. Nous fixons, dans notre exemple, la même valeur de a et b pour toutes les tâches : $\forall i; a_i = 0,6$ et $b_i = 0,8$.

5. Résultats

- Pour conclure sur cet exemple, si l'on considère le bloc 1, le membre P1, P3 et P8 sont sélectionnés pour la tâche T4, T1 et T6 respectivement, le coût des salariés global du bloc est égal à 4533. Les membres P7 et P5 sont choisis pour la tâche T2 et T5. Enfin, P6 et P9 sont alloués à la tâche T7 et T3, respectivement. Le tableau de résultat est présenté là-dessous.

	P3	P10	P8	P1	P11	P4	P5	P7	P6	P2	P9		Coût des salariés ajusté (d_{km})
Salaires (s_m)	1500	1400	1450	1300	1200	1300	1270	1410	1380	1360	1300	Acteur sélectionné	

T4	1	1,066667	1,111111	1,111111	0							P1	4533
T1	1	1,081081	1,176471	1,15942	0							P3	
T6	1,025641	1,230769	1,09589	1,230769	0							P8	
T2						0	0	1,25				P7	3363
T5						1,230769	1,230769	1,142857				P5	
T7									1,05263	1,212	1,27	P6	3103
T3									1	1,27	1,27	P9	

Tableau 8 : candidats sélectionnés

6. Conclusion

Ce travail se focalise sur la formation des équipes et est basé sur le regroupement des tâches du projet. Notre étude s'est divisée en deux grandes parties. Dans un premier temps, l'algorithme de regroupement est utilisé pour réunir les tâches et les acteurs en groupes en utilisant un attribut appelé « Discipline ». Cette étape est un premier pas vers la constitution des équipes. Partant de la matrice d'incidence regroupée, nous obtenons des familles des tâches qui correspondent à certains groupes d'acteurs, représentés en bloc diagonaux. Dans un deuxième temps, l'affectation des acteurs aux tâches est réalisée au travers d'une méthode d'analyse multicritères.

La démarche que nous avons suivie permet de construire des équipes pertinentes en prenant en compte de la dynamique du système de compétences. Ce dynamisme peut être expliqué par la création de nouvelles tâches de conception, l'apparition de nouvelles disciplines, l'intégration de nouveaux acteurs. Ce travail a malgré tout des limites. Nous ne prenons pas en compte la disponibilité des membres de l'équipe. La dynamique des compétences suppose une planification et une optimisation soit multi-périodes soit concernant des projets multi-phases, ce qui peut compléter notre démarche de construction des équipes.

7. Références

- Acuna S.T., Juristo N., (2004) «Assigning people to roles in software projects», *Software Practice and Experience*, n°34, p. 675-696.
- Boucher X., Bonjour E., Grabot B., (2006) «Formalisation and use of competencies for industrial performance optimisation: A survey », *Computers in Industry*, vol. 58, n° 2, p. 98-117.
- Braha D., (2002) «Partitioning tasks to product development teams» , *Proceedings of DETC'02 ASME 2002 International Design Engineering Technical Conferences*, Montreal, Canada, September 29-October 2, 2002
- Canos L., Liern V., (2004) « Some fuzzy models for human resource management », *International Journal of Technology Policy and Management*, vol. 4, n° 4, p. 291-308.
- Carrascosa M., Eppinger S.D., Whitney D.E., (1998) « Using the design structure matrix to estimate product development time », *Proceedings of DETC'98 ASME Design Engineering Technical conferences*, September 13-16, 1998, Atlanta, Georgia, USA.
- Chan, H. M., and Milner, D. A. (1982) «Direct clustering algorithm for group formation in cellular manufacture ». *Journal of Manufacturing Systems*, vol 1, p. 65-75.
- Chen S.L., Lin L., (2004) « Modeling team member characteristics for the formation of a multifunctional team », *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol.51, n° 2.
- Cho S-H., Eppinger S.D., (2005) « A simulation-based process model for managing complex design projects », *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 52, n° 3.

De Korvin A., Shipley M.F., Kleyale R., (2002) « Utilizing fuzzy compatibility of skill sets for team selection in multi-phase projects », *Journal of Engineering and Technology Management*, vol 19, p. 307-319.

Fitzpatrick E.L., Askin R.G., (2005) « Forming effective worker teams with multi-functional skill requirements », *Journal of Computers & Industrial Engineering*, vol. 48, p. 593-608.

Gronau N., Fröming J., Schmid S., Rüssbüldt U., (2006) « Approach for requirement oriented team building in industrial processes », *Computers in Industry*, vol.58, n°2, p. 179-187.

Hadj-Hamou K., Caillaud E., (2004) « Cooperative design : A framework for a competency-based approach », *5th International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering- IDMME'04*, University of Bath, 5-7 avril.

Idicula, J., (1995) « Planning for concurrent engineering », Thesis draft, Nanyang Technology University.

King J.R., (1980) « Machine-Component Group Formation in Group Technology », *OMEGA Journal of Management Science*, vol.8, n° 2, p. 193-199.

King, J.R., Nakornchai V., (1986) « An interactive data-clustering algorithm », *Flexible manufacturing system*, p. 285-291.

Mak, K.L., Wong, Y.S., Wang, X.X. (2000). « An adaptive genetic algorithm for manufacturing cell formation », *Advance Manufacturing Technology*, p. 491-497.

Malmqvist, J., (2002) « A classification of matrix based methods for product modelling », *Design 2002*, 14-17, Cavtat-Dubrovnik, Croatia.

McCormick, JR., W. T., Schwitzer, P. J., and White, T. W. (2002) « Problem decomposition and data reorganization by a clustering technique ». *Operations Research*, vol. 20, p. 993-1009.

Rose B., Robin V., Caillaud E., Girard P., (2006) « Comment répondre aux challenges de la gestion des compétences en conception collaborative de produits ? », *Séminaire "Semaine de la connaissance"*, Groupe C2EI, Nantes, 26-30 juin.

Steward, R.P. and Donald V., (1981) « The Design Structure System: A Method for managing the Design of Complex Systems » *IEEE Transactions on Engineering Management* 28, no. 3, p 71-74.

Tang D., Zheng L., Li Z., Li D., Zhang S., (2000) « Re-engineering of the design process for concurrent engineering », *Journal of Computers & Industrial Engineering*, vol. 38, p. 479-491.

Thebeau R., (2001) « Knowledge management of system interfaces and interactions for product development processes », *Master of Science Thesis*, MIT.

Timmerman E., (1986) « An approach to Vendor Performance Evaluation », *Journal of Purchasing and Materials Management*, winter 1986.

Tsai H-T., Moskowitz H., Lee L-H., (2003) « Human resource selection for software development projects using Taguchi's parameter design », *European Journal of Operational Research*, vol. 151, p 167-180.

(Bill) Tseng T-L., Huang C-C., Chu H-W., Gung R.R., (2004) « Novel approach to multi-functional project team formation », *International Journal of Project Management*, vol. 22, p. 147-159.

Zakarian A., Kusiak A., (1999) « Forming teams: an analytical approach », *IIE Transactions*.